



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT  
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein  
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

11 CH 673 893 A5

51 Int. Cl.<sup>3</sup>: G 01 L 1/22  
G 01 G 3/14  
G 01 G 3/18

## 12 PATENTSCHRIFT A5

21 Gesuchsnummer: 526/88

22 Anmeldungsdatum: 12.02.1988

24 Patent erteilt: 12.04.1990

45 Patentschrift  
veröffentlicht: 12.04.1990

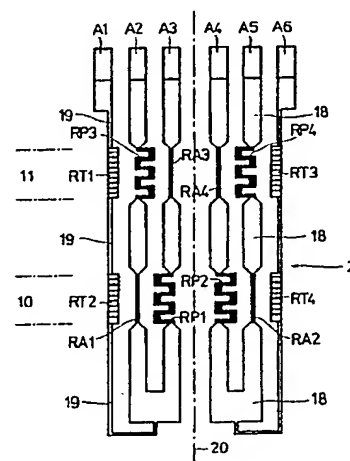
73 Inhaber:  
Mettler-Toledo AG, Greifensee

72 Erfinder:  
Bischof, Beda, Dr., Greifensee

### 54 Lastsensor mit einem Dehnungsmessstreifen-Wandler.

57 Die elektromechanisch aktiven Widerstände (RA1 bis RA4) des DMS-Wandlers, welche in den Biegezone (10, 11) eines biegeelastischen Trägers angeordnet sind, bilden eine Widerstands-Messbrücke. Diesen aktiven Widerständen ist in den vier Stromzweigen der Messbrücke je ein elektromechanisch passiver Widerstand (RP3, RP4, RP1, bzw. RP2) in Reihe geschaltet. Die aktiven und passiven Widerstände bestehen aus dem gleichen Material und haben den gleichen Widerstandswert. Dabei sind die aktiven Widerstände mit jeweils einem passiven Widerstand eines benachbarten Stromzweiges paarweise thermisch gekoppelt.

Auf diese Weise lässt sich der die Lastanzeige verfälschende Einfluss rascher Temperaturänderungen, welche zu einer inhomogenen Temperaturverteilung innerhalb des DMS-Wandlers führen, wirksam unterdrücken.



## PATENTANSPRÜCHE

1. Lastsensor mit auf einem Träger (1) mit Biegezonen (10, 11) angeordnetem Dehnungsmessstreifen-Wandler (2), der eine temperaturkompensierte Widerstands-Messbrücke aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass den elektromechanisch aktiven Widerständen (RA1 bis RA4) in den vier Stromzweigen der Messbrücke je ein elektromechanisch passiver Widerstand (RP3, RP4, RP1 bzw. RP2) in Reihe geschaltet ist, wobei die aktiven und passiven Widerstände aus dem gleichen Material bestehen und den gleichen Widerstandswert haben und wobei die aktiven Widerstände mit jeweils einem passiven Widerstand eines benachbarten Stromzweiges paarweise thermisch gekoppelt sind (T10, T11).

2. Lastsensor nach Anspruch 1, mit in Dünnschichttechnik aufgebautem Dehnungsmessstreifen-Wandler, dadurch gekennzeichnet, dass die passiven Widerstände (RP1 bis RP4) durch quer zur Biegerichtung verlaufende Widerstandsbahnen gebildet sind, welche in den Biegezonen (10, 11) des Trägers (1) unmittelbar neben den die aktiven Widerstände (RA1 bis RA4) bildenden, in Biegerichtung verlaufenden Widerstandsbahnen angeordnet sind.

3. Lastsensor nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die aktiven und passiven Widerstände (RA1 bis RA4, RP1 bis RP4) jeweils innerhalb einer Halbbrücke (A1 bis A3 bzw. A4 bis A6) miteinander thermisch gekoppelt sind.

4. Lastsensor nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden durch die Widerstands- und Leiterbahnen der einzelnen Halbbrücken (A1 bis A3, A4 bis A6) gebildeten Schaltungsmuster bezüglich der in die Wirkungsebene der Last (F) fallenden Längsachse (20) des Dehnungsmessstreifen-Wandlers (2) symmetrisch sind.

## BESCHREIBUNG

Die Erfindung betrifft einen Lastsensor mit auf einem Träger mit Biegezonen angeordnetem Dehnungsmessstreifen-Wandler, der eine temperaturkompensierte Widerstands-Messbrücke aufweist.

Es ist bekannt, die Temperaturabhängigkeit eines Lastsensors dieser Art durch die Anordnung von elektromechanisch passiven Widerständen mit bestimmten Temperaturkoeffizienten im Dehnungsmessstreifen (DMS)-Wandler zu kompensieren (DE 3 042 506 C2, EP 0 129 166 A2). Diese passiven Widerstände, welche in einzelne Stromzweige der Brückenschaltung und/oder in die Zu- oder Ableitungen derselben eingeschaltet sein können, befinden sich im mechanisch nicht beanspruchten Teil des Lastsensors und dienen zum individuellen Abgleich des Temperaturkoeffizienten von Nullpunkt und Empfindlichkeit der Widerstands-Messbrücke. Damit lässt sich der Einfluss langsamer Temperaturänderungen, denen der DMS-Wandler als Ganzes ausgesetzt ist, wirksam herabsetzen. Nullpunktfehler, die auf eine inhomogene Temperaturverteilung innerhalb des DMS-Wandlers zurückzuführen sind, lassen sich jedoch mit den genannten Massnahmen nicht kompensieren.

Lastsensoren bekannter Bauart haben einen balkenförmigen, biegeelastischen Träger, der am einen Ende fest eingespannt ist und am anderen Ende einen Lastaufnehmer, z. B. in Form eines Tasters, aufweist. Dazwischen befinden sich wenigstens zwei Biegezonon, die in Längsrichtung des Trägers hintereinander angeordnet und durch Querschnittsverengungen gebildet sind. Infolge dieser Gestaltung wird der Träger bei Belastung wellenförmig verformt, wobei an der Aussenseite der einen Biegezone eine Materialdehnung und an der Aussenseite der anderen Biegezone eine Materialstauchung auftritt. In jeder dieser Biegezonon sind zwei DMS-

Wandlerelemente angebracht, die in Form elektromechanisch aktiver Widerstände zu einer Widerstands-Messbrücke geschaltet sind. Dabei befinden sich die einer Biegezone zugeordneten aktiven Widerstände jeweils in einander gegenüberliegenden Stromzweigen der Brückenschaltung. Die Ausgangsspannung der Widerstands-Messbrücke stellt somit ein Mass für die auf den Lastsensor ausgeübte Kraft dar.

Beim Einsatz eines derartigen Lastsensors an Messstellen mit hoher Temperatur, z. B. bei der Druckmessung an Verbrennungsmotoren oder bei der Abtastung umlaufender Maschinenteile, wobei an der Tasterspitze Reibungswärme erzeugt wird, entsteht ein Wärmefluss zum Lastsensor, der insbesondere in der Anfangsphase des Sensoreinsatzes zu einer ungleichmässigen Erwärmung des Trägers und damit der DMS-Wandlerelemente in den verschiedenen Biegezonon führt. Die Temperaturdifferenz zwischen den gedehnten und den gestauchten Wandlerelementen kann dabei erfahrungsgemäss vorübergehend so gross werden, dass der Lastsensor ein Signal in der Grössenordnung des maximalen Messsignals abgibt, also eine Last anzeigt, die vom tatsächlichen Wert stark abweicht.

Die Erfindung bezweckt die Schaffung eines Lastsensors der eingangs genannten Art, mit einer verbesserten Temperaturkompensation, welche insbesondere auch den die Lastanzeige verfälschenden Einfluss rascher Temperaturänderungen, die zu einer inhomogenen Temperaturverteilung innerhalb des DMS-Wandlers führen, wirksam unterdrückt.

Die erfindungsgemässe Lösung, welche diesen Zweck erfüllt, besteht darin, dass den elektromechanisch aktiven Widerständen in den vier Stromzweigen der Messbrücke je ein elektromechanisch passiver Widerstand in Reihe geschaltet ist, wobei die aktiven und passiven Widerstände aus dem gleichen Material bestehen und den gleichen Widerstandswert haben und wobei die aktiven Widerstände mit jeweils einem passiven Widerstand eines benachbarten Stromzweiges paarweise thermisch gekoppelt sind.

Bei zuvor abgeglichenen Widerstands-Messbrücke erzeugt jede Änderung der Temperatur eines aktiven Widerstandes infolge seines im allgemeinen nicht vernachlässigbaren Temperaturkoeffizienten ein entsprechendes, von diesem Widerstand ausgehendes Temperatursignal, das das Brückengleichgewicht stören würde. Der mit diesem aktiven Widerstand thermisch gekoppelte, der Temperaturänderung also in gleichem Masse ausgesetzte passive Widerstand erzeugt nun aber ein gleich grosses Temperatursignal in einem benachbarten Stromzweig der Brückenschaltung, so dass das Brückengleichgewicht wieder hergestellt ist. Das gleiche gilt für alle in der genannten Weise vorgenommenen Widerstands-Paarungen, so dass jegliche Temperaturdifferenzen innerhalb des DMS-Wandlers in ihren Auswirkungen auf dessen Ausgangssignal kompensiert werden. Langfristdriften der Widerstandswerte werden ebenfalls kompensiert.

Bei der praktischen Ausführung eines in Dünnschichttechnik aufgebauten DMS-Wandlers können die passiven Widerstände in an sich bekannter Weise durch quer zur Biegerichtung verlaufende Widerstandsbahnen gebildet sein (DE 3 330 879 A1). Vorzugsweise sind nun diese passiven Widerstände in den Biegezonon des Trägers unmittelbar neben den die aktiven Widerstände bildenden, in Biegerichtung verlaufenden Widerstandsbahnen angeordnet. Auf diese Weise befinden sich die passiven Widerstände im mechanisch beanspruchten Teil des Lastsensors in engem thermischen Kontakt mit den ihnen zugeordneten aktiven Widerständen.

Bei einem in dieser Weise aufgebauten Lastsensor haben von den verschiedenen Schaltungsmöglichkeiten im Hinblick auf eine einfache Herstellung vor allem jene Lösungen praktische Bedeutung, bei denen die aktiven und passiven

Widerstände jeweils innerhalb einer Halbbrücke miteinander thermisch gekoppelt sind, wobei unter einer Halbbrücke jeweils die mit einem Speiseknoten verbundenen beiden Stromzweige oder die mit einem Signal-Ausgangsknoten verbundenen beiden Stromzweige der Brückenschaltung verstanden werden können. Gemischte thermische Kopplungen innerhalb jeder Halbbrücke einerseits und zwischen den beiden Halbbrücken andererseits führen zu einem komplizierteren Aufbau des Schaltungsmusters.

Im weiteren ist es von Vorteil, wenn die beiden durch die Widerstands- und Leiterbahnen der einzelnen Halbbrücken gebildeten Schaltungsmuster bezüglich der in die Wirkungsebene der Last fallenden Längsachse des DMS-Wandlers symmetrisch sind. Dadurch wird erreicht, dass jeglicher Driftfehler stets beide Halbbrücken gleichermaßen beeinflusst, so dass daraus keine Nullpunktdrift resultieren kann. Fertigungstoleranzen, welche gleiche Wertabweichungen an schaltungsmässig symmetrisch angeordneten Widerständen verursachen, werden durch den symmetrischen Aufbau des Schaltungsmusters ebenfalls kompensiert. Für den Nullpunktfehler verbleibt nur der Restfehler von statistischen Wertabweichungen der Einzelwiderstände.

In der Zeichnung ist ein Ausführungsbeispiel der Erfindung dargestellt, und zwar zeigen:

Fig. 1 eine Seitenansicht des Lastsensors in belastetem Zustand,

Fig. 2 das Schaltungsmuster eines in Dünnschichttechnik aufgebauten DMS-Wandlers für den Lastsensor nach Fig. 1, und

Fig. 3 das Schaltungsschema des DMS-Wandlers nach Fig. 2.

Der Lastsensor nach Fig. 1 besteht aus einem balkenförmigen, biegeelastischen Träger 1, an dessen Oberseite ein in Dünnschichttechnik aufgebauter DMS-Wandler 2 angebracht ist. Im Einsatz des Lastsensors ist das eine Ende 3 des Trägers 1 fest eingespannt. An dieser Stelle befindet sich beispielsweise eine Durchgangsbohrung 4, die eine Schraube zur Befestigung des Trägers 1 auf einer ortsfesten Unterlage aufnehmen kann. Am anderen, freien Ende 5 des Trägers 1 greift die zu messende Kraft  $F$  an, beispielsweise über einen Lastaufnehmer, der in die Sackbohrung 6 einsetzbar ist. In der Mitte hat der Träger 1 eine Ausnehmung 7, durch die zwei im Querschnitt verengte Biegeelenker 8 und 9 gebildet sind. Unter der Last  $F$  wird der Träger 1 in der in Fig. 1 übertrieben dargestellten Weise wellenartig verformt, wobei die Verformung in den in Längsrichtung des Trägers 1 jeweils hintereinander angeordneten Biegezonen 10 und 11 bzw. 12 und 13 besonders ausgeprägt ist und beispielsweise an der Aussenseite der Biegezone 10 eine Materialstauchung und an der Aussenseite der Biegezone 11 eine Materialdehnung auftritt. In diesen Biegezonen 10 und 11 sind vier DMS-Wandlerelemente in Form von Widerstandsbahnen paarweise nebeneinander angeordnet, wie aus Fig. 2 hervorgeht. Der DMS-Wandler 2 ist in an sich bekannter Weise aus mehreren übereinander liegenden Dünnschicht-Schichten aufgebaut, wobei mit 14 eine Isolationsschicht, mit 15 eine die Widerstandsbahnen bildende Metallschicht, mit 16 eine die Leiterbahnen bildende Metallschicht und mit 17 eine Schutzschicht bezeichnet ist.

Gemäss Fig. 2 sind in der Biegezone 10 die elektromechanisch aktiven Widerstände RA1 und RA2 und in der Biegezone 11 die elektromechanisch aktiven Widerständen RA3

und RA4 des DMS-Wandlers 2 angeordnet, die durch in Biegerichtung verlaufende Widerstandsbahnen gebildet sind. Unmittelbar neben jedem dieser aktiven Widerstände RA1 bis RA4 ist in der betreffenden Biegezone ein elektromechanisch passiver Widerstand RP1, RP2, RP3 bzw. RP4 angebracht, so dass die paarweise angeordneten Widerstände thermisch möglichst eng miteinander gekoppelt sind, also praktisch denselben Temperaturgang haben. Die passiven Widerstände sind durch quer zur Biegerichtung verlaufende Widerstandsbahnen gebildet. Alle diese aktiven und passiven Widerstände RA1 bis RA4 und RP1 bis RP4 bestehen aus dem gleichen Material und weisen demnach den gleichen Temperaturkoeffizienten auf. Sie haben zudem alle den gleichen Widerstandswert. Leiterbahnen 18 verbinden die genannten Widerstände untereinander und mit den Anschlusskontakten A2 bis A5. In den Biegezonen 10 und 11 sind im vorliegenden Beispiel noch weitere elektromechanisch passive Widerstände RT1 bis RT4 angeordnet, die aus einem Material mit hohem Temperaturkoeffizienten bestehen und dazu dienen, den Einfluss der Temperatur auf den Elastizitätsmodul des Materials der Biegeelenker 8 und 9 zu kompensieren. Die Widerstände RT1 bis RT4 sind durch Leiterbahnen 19 unter sich, mit den DMS-Wandlerelementen und mit den Anschlusskontakten A1 und A6 verbunden.

Wie aus dem Schaltungsschema nach Fig. 3 hervorgeht, bilden die elektromechanisch aktiven Widerstände RA1 bis RA4 eine Widerstands-Messbrücke, deren Speisung z. B. über die Anschlusskontakte A1 und A6 erfolgt. Sie besteht aus zwei galvanisch getrennt aufgebauten Halbbrücken, von denen die eine die Stromzweige zwischen den Anschlusskontakten A1 bis A3 und die andere die Stromzweige zwischen den Anschlusskontakten A4 bis A6 umfasst. Die galvanische Verbindung zwischen den Anschlusskontakten A2 und A4 einerseits und zwischen den Anschlusskontakten A3 und A5 andererseits zur Vervollständigung der Messbrücke an den Signal-Ausgangsknoten ist aus Symmetriegründen ausserhalb des DMS-Wandlers 2 vorgesehen. In Übereinstimmung mit dem Schaltungsmuster nach Fig. 2 ist den aktiven Widerständen RA1, RA2, RA3 und RA4 je ein passiver Widerstand RP3, RP4, RP1 bzw. RP2 in Reihe geschaltet, so dass die aktiven Widerstände mit jeweils einem passiven Widerstand eines benachbarten Stromzweiges paarweise thermisch gekoppelt sind. Dadurch wird der Einfluss von Unterschieden in der Temperatur der aktiven Widerstände auf das Ausgangssignal kompensiert. Die thermische Kopplung ist in Fig. 3 durch die auf die Biegezonen 10 und 11 bezugnehmenden strichpunktierten Verbindungslinien T10 und T11 angedeutet. Es ist daraus ersichtlich, dass die aktiven und passiven Widerstände jeweils innerhalb einer Halbbrücke miteinander thermisch gekoppelt sind.

Die Widerstände RT1 bis RT4 befinden sich in den Speisuleitungen der Brückenschaltung und haben in bezug auf die Kompensation von Temperaturdifferenzen innerhalb der Widerstands-Messbrücke keine Wirkung.

Die Fig. 2 zeigt im weiteren, dass aufgrund der vorgesehenen Schaltungsanordnung gemäss Fig. 3 und der gewählten thermischen Zuordnung der aktiven und passiven Widerstände RA1 bis RA4 und RP1 bis RP4 ein praktisch vollständig symmetrischer Aufbau des Schaltungsmusters bezüglich der in die Wirkungsebene der Last  $F$  fallenden Längsachse 20 des DMS-Wandlers erreicht werden kann.

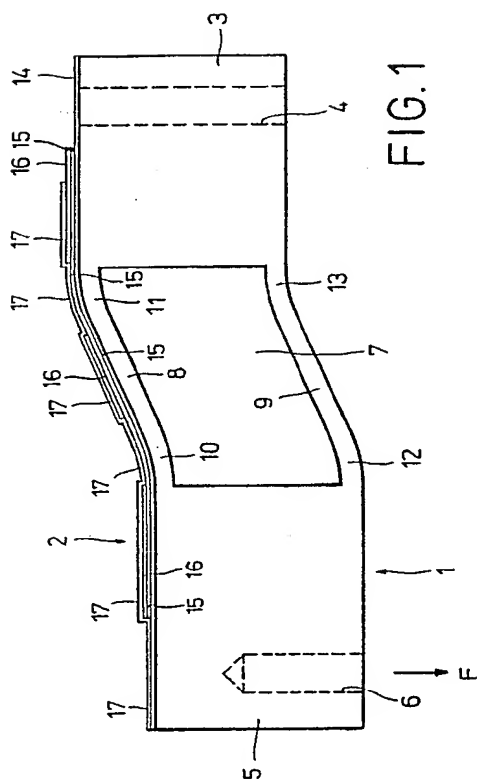


FIG. 1

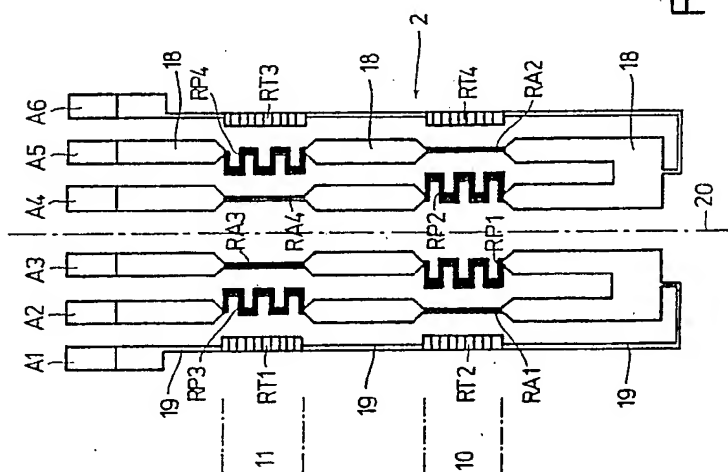


FIG. 2

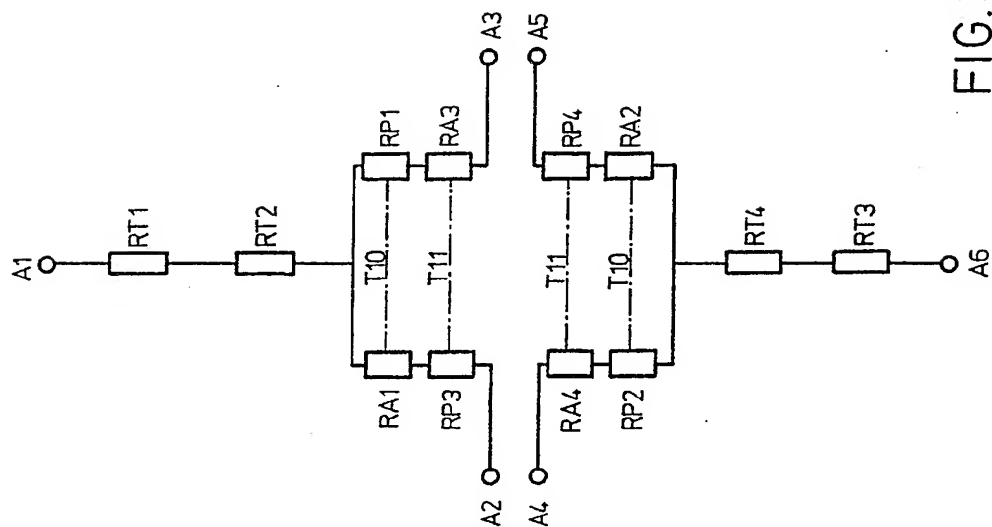


FIG. 3